

Apport de l'électrophysiologie dans la cervicalgie

Electrophysiologic contribution to cervical pain

François-Charles Wang*, Marco Tomasella

Département de neurophysiologie clinique, CHU Sart Tilman B35, 4000 Liège, Belgique

Accepté le 27 mai 2008

Mots clés : Électroneuromyographie ; Radiculopathie cervicale ; Myélopathie cervicale ; Potentiels évoqués somesthésiques ; Potentiels évoqués moteurs

Keywords: Electromyography; Cervical radiculopathy; Cervical myelopathy; Somatosensory evoked potentials; Motor evoked potentials

1. Buts

Les techniques électrophysiologiques permettent une évaluation fonctionnelle du système nerveux. Dans le cadre particulier des cervicalgies, les techniques mises en œuvre devront documenter une atteinte nerveuse périphérique proximale ou de la moelle cervicale. Dans le cas d'une radiculopathie, c'est la distribution de l'atteinte musculaire selon un myotome donné qui est déterminante dans la confirmation diagnostique. La sévérité et l'évolutivité de l'atteinte devront également être précisées. Enfin, toute évaluation neurophysiologique devra prendre en compte la possibilité d'un examen de contrôle ultérieur à la faveur d'une récurrence algique ou d'une évolution chirurgicale défavorable.

2. Outils

2.1. Neurographie sensitive

Un nerf sensitif ou mixte (sensitif et moteur) est dépolarisé par un stimulus électrique percutané à l'aide d'un stimulateur de surface bipolaire (cathode–anode). Le potentiel sensitif évoqué est recueilli par une autre paire d'électrodes de surface placée sur le trajet du nerf en situation proximale ou distale par rapport au site de stimulation (stimulation orthodromique ou antidromique).

La latence du potentiel sensitif (temps écoulé entre la stimulation du nerf et la détection du potentiel) apprécie la qualité de

la myélinisation des axones sensitifs myélinisés de gros calibre (fibres Ia), tandis que l'amplitude du potentiel est directement proportionnelle au nombre de ces axones.

Au membre supérieur, ne sont accessibles à l'étude neurographique que les nerfs sensitifs superficiels de l'avant-bras et de la main (nerfs musculocutané, brachial cutané interne, radial, ulnaire et médian).

Dans le cadre particulier de l'exploration des cervicalgies, l'amplitude des potentiels sensitifs est le paramètre d'analyse déterminant. Le corps cellulaire des neurones sensitifs se situant dans le ganglion rachidien, au niveau du foramen vertébral, seule une lésion à ce niveau ou du prolongement axonal du neurone sensitif entraîne une dégénérescence des axones sensitifs avec pour conséquence une réduction d'amplitude du potentiel évoqué à la distalité du membre supérieur. En revanche, lorsque la lésion est préganglionnaire, aucune dégénérescence axonale périphérique ne se produit et l'amplitude du potentiel sensitif reste normale. Dès lors, si l'amplitude d'un potentiel sensitif est diminuée, la lésion ne peut pas être préganglionnaire. En revanche, si l'amplitude d'un potentiel sensitif reste normale dans un territoire présentant un déficit sensitif clinique, la lésion est très probablement préganglionnaire. Une seule exception à cette règle concerne une lésion périphérique purement neurapraxique (démýélinisation isolée) qui ne s'accompagne d'aucune anomalie des potentiels sensitifs en aval du site lésionnel.

2.2. Neurographie motrice

Dans l'étude neurographique du système moteur, ce ne sont pas des potentiels de nerf qui sont enregistrés, mais des potentiels

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : fc.wang@chu.ulg.ac.be (F.-C. Wang).

musculaires. Deux types de réponses motrices sont étudiées, la réponse directe M et la réponse indirecte F.

2.2.1. Réponse M

La réponse M correspond au potentiel d'action moteur capté au niveau d'un muscle suite à la dépolarisation électrique orthodromique (dans le sens physiologique de la transmission des influx nerveux moteurs) d'un ou plusieurs axones moteurs inneravant ce muscle. Lorsque tous les axones moteurs sont activés, la réponse M est dite supramaximale (ou potentiel d'action global musculaire, PAGM).

L'enregistrement bipolaire de la réponse M est assuré par une paire d'électrodes de surface dont l'une est placée sur le point moteur musculaire (électrode active) et l'autre à distance sur l'extrémité tendineuse du muscle ou sur une surface osseuse (électrode de référence). Le nerf moteur ou mixte est activé par un stimulus électrique percutané.

L'amplitude de la réponse M supramaximale, reflet du nombre d'unités motrices participant à la réponse motrice, est le paramètre d'analyse principal lors de l'application de cette technique à l'exploration de la pathologie cervicale. Cependant, ce paramètre manque de sensibilité et de spécificité. En effet, l'innervation d'un muscle est habituellement assurée par deux ou trois racines nerveuses. L'atteinte partielle d'une seule racine n'a donc que peu de répercussion sur la taille d'une réponse M et ce d'autant plus que la pathologie est chronique, la perte axonale étant compensée par la réinnervation musculaire. Par ailleurs, l'amplitude de la réponse M supramaximale est susceptible d'être affectée quel que soit le site lésionnel depuis la corne antérieure de la moelle jusqu'aux fibres musculaires constituant l'élément terminal de l'unité motrice. Enfin, seuls les muscles les plus superficiels sont accessibles à une étude de surface.

2.2.2. Réponse F

La réponse F est une réponse motrice générée par la stimulation électrique d'un tronc nerveux périphérique induisant la dépolarisation antidromique (en sens opposé à la propagation physiologique des influx nerveux) des axones moteurs alpha qui gagne la corne antérieure de la moelle où certains motoneurones, en fonction de leur niveau d'excitabilité, génèrent un nouveau potentiel d'action transmis de façon orthodromique et enregistré au niveau musculaire sous forme d'une réponse motrice indirecte de longue latence.

Les conditions techniques d'enregistrement sont identiques à celles des réponses M. Les paramètres d'analyse des réponses F sont nombreux : latences minimales, moyenne ou maximale, chronodispersion, amplitude, morphologie, persistance. C'est néanmoins la latence minimale (sur un minimum de sept réponses F) qui reste le paramètre le plus fiable et le plus utilisé.

Appliqué à la pathologie cervicale, l'enregistrement des ondes F est potentiellement intéressant. En effet, contrairement aux réponses motrices et sensitives distales, l'onde F explore la conduction motrice proximale. En pratique cependant, cette technique manque de sensibilité. Les réponses F sont enregistrées sur des muscles dont l'innervation dépend de deux ou trois racines nerveuses, ce qui rend difficile la mise en évidence d'une lésion monoradiculaire. Par ailleurs, aux membres supérieurs,

des réponses F ne peuvent être détectées que dans le territoire des racines C7 (muscle anconé) et C8D1 (muscles intrinsèques de la main).

2.3. Réflexe H

Les réponses H résultent d'un réflexe monosynaptique dont l'afférence est constituée par les fibres proprioceptives Ia qui entraînent la décharge efférente des motoneurones spinaux. Chez la majorité des sujets, un réflexe H peut être facilement obtenu au repos au niveau des muscles soléaire, quadriceps et fléchisseur radial du carpe (innervation radiculaire C6C7). Dans ce dernier exemple, le nerf médian est stimulé au coude par une stimulation électrique percutanée dont les caractéristiques (faible intensité, longue durée) permettent une activation préférentielle des fibres Ia. La réponse réflexe évoquée est détectée par un enregistrement de surface. L'amplitude et la latence sont une fois encore les deux paramètres d'analyse de ces réponses réflexes.

Comme pour la réponse F, en cas de pathologie cervicale, l'intérêt du réflexe H réside dans l'évaluation de la conduction nerveuse proximale. Le réflexe H est un paramètre sensible, mais reste limité à l'exploration des arcs réflexes C6 et surtout C7.

2.4. Réflexe T

Cette technique n'est pas encore utilisée en routine dans les laboratoires d'électrophysiologie. Elle correspond à l'enregistrement électrophysiologique des réflexes ostéotendineux.

Le tendon est étiré par percussion à l'aide d'un marteau connecté à l'électromyographe, ce qui déclenche la trace d'enregistrement, de façon synchronisée au contact tendineux. La réponse réflexe est détectée par un enregistrement musculaire de surface.

L'intérêt réside dans le fait que tous les réflexes ostéotendineux évoqués sur le plan clinique sont potentiellement quantifiables par cette méthodologie [1].

2.5. Électromyographie

L'électromyographie (EMG) correspond à l'analyse de l'activité électrique musculaire. Ce temps de l'évaluation électrophysiologique reste indispensable, particulièrement lors de l'exploration de la pathologie cervicale. Malheureusement, cette technique reste invasive et exige le recours à des électrodes-aiguilles implantées dans le muscle étudié. Ces électrodes-aiguilles, le plus souvent bipolaires concentriques, captent l'activité électrique (différence de potentiel) générée par les fibres musculaires des unités motrices. Les muscles sont étudiés dans un premier temps au repos et ensuite lors d'un effort de contraction musculaire volontaire.

2.5.1. Au repos

Le muscle normal au repos est électriquement silencieux. En revanche, dans certaines conditions pathologiques (dénervation motrice active, myosite, dystrophie musculaire) des fibrillations

peuvent être enregistrées. Ces fibrillations correspondent à des potentiels d'action générés spontanément par des fibres musculaires séparées de leur terminaison axonale.

Dans la pathologie cervicale, il existe une séquence temporelle proximale/distale d'apparition des fibrillations. Dans la musculature paravertébrale, les fibrillations peuvent être détectées dès le sixième ou septième jour. En revanche, il faudra trois semaines ou plus au niveau des muscles distaux des membres. Avec le temps, les fibrillations disparaissent, soit en raison de la réinnervation des fibres musculaires dénervées, soit par perte de la réactivité musculaire. Lorsque le processus lésionnel est lentement évolutif ou se limite à une démyélinisation, les fibrillations peuvent ne jamais apparaître. La musculature paravertébrale joue un rôle stratégique dans le diagnostic différentiel entre une lésion radiculaire ou médullaire et les atteintes plus distales du système nerveux périphérique. En effet, la mise en évidence de fibrillations dans le multifide [2] permet de réfuter l'hypothèse d'une pathologie plexique ou tronculaire. Il faut cependant tenir compte qu'à ce niveau les fibrillations sont d'apparition précoce et fugace.

2.5.2. Contraction musculaire volontaire

Lorsqu'une unité motrice est recrutée volontairement, les différences de potentiel générées au niveau de chaque fibre musculaire participent à la formation de ce qu'on appelle le potentiel d'unité motrice (PUM). Si l'effort de contraction volontaire reste modéré, ces PUMs sont individualisables et analysables en terme d'amplitude, de durée et de morphologie. Lorsque l'intensité de la contraction musculaire augmente, chaque unité motrice est recrutée à une plus grande fréquence (recrutement temporel) et le nombre d'unités motrices recrutées augmente également (recrutement spatial), ce qui conduit à un enrichissement en PUMs des enregistrements.

En cas de perte axonale motrice, le nombre d'unités motrices fonctionnelles est réduit avec pour conséquence une diminution du recrutement spatial (appauvrissement des tracés de contraction volontaire) et une tentative de compensation par augmentation du recrutement temporel des unités motrices saines. Ensuite, par la mise en jeu des processus de réinnervation collatérale, la morphologie des PUMs change. D'abord polyphasiques (réinnervation débutante immature), les PUMs deviennent ensuite de grande amplitude et de longue durée (réinnervation collatérale mature) et ce de façon définitive.

C'est la topographie des anomalies enregistrées lors de l'EMG qui permet de distinguer les atteintes radiculaires ou médullaires des atteintes plexuelles ou tronculaires.

2.6. Potentiels évoqués somesthésiques (PES)

Les PES explorent la conduction sensitive centrale.

De façon assez exceptionnelle, dans le cadre d'une radiculopathie, il peut arriver que les PES soient anormaux (diminution d'amplitude des réponses spinales N10 et N13) alors que l'exploration électroneuromyographique (ENMG) était normale [3]. En revanche, cette technique est d'un apport très précieux dans l'évaluation des myélopathies (diminution de l'amplitude

du N13 et allongement du temps de conduction radiculobulbaire P9-P14).

2.7. Potentiels évoqués moteurs (PEM)

Les PEM explorent la conduction motrice centrale.

Comme les PES, les PEM par stimulation magnétique corticale et cervicale semblent plus performants pour l'étude des myélopathies que des radiculopathies. Dans la myélopathie cervicarthrosique, les temps de conduction motrice centrale sont allongés. Les anomalies prédominent au niveau des membres inférieurs en raison de la distribution somatotopique des fibres corticospinales au niveau de la moelle.

3. Stratégie diagnostique

3.1. Radiculopathie

Les découvertes ENMG dépendent du type de lésion nerveuse (myélinopathie ou axonopathie) et du délai entre l'examen et le début des symptômes. En cas d'axonopathie, les axones moteurs sont complètement digérés au huitième jour, les axones sensitifs au onzième jour et les fibrillations apparaissent au septième jour dans les muscles paravertébraux et après trois semaines ou plus dans les muscles distaux des membres.

Une lésion neurapraxique (myélinopathie) modérée se limitera à une altération éventuelle d'un réflexe H (C6C7) ou T (C5-C8) quel que soit le moment de l'examen. La guérison se fera sans séquelle.

Une lésion neurapraxique sévère (bloc de conduction plus ou moins complet), pourra donner lieu, quel que soit le moment de l'examen, à une altération d'un réflexe H (C6C7) ou T (C5-C8), des ondes F (raréfaction dans les territoires C7C8D1) et à des tracés EMG neurogènes (appauvrissement lors de la contraction volontaire et PUM normaux). Au stade de la guérison, il n'y a habituellement pas de séquelle, sauf exceptionnellement un allongement discret de la latence minimale d'une onde F ou d'un réflexe H/T.

Dans les premiers jours d'une radiculopathie sévère avec perte axonale motrice, les découvertes ENMG sont celles d'une lésion neurapraxique sévère. Au dixième jour, une réduction de l'amplitude d'une réponse M, des fibrillations dans la musculature paravertébrale et des PUMs polyphasiques dans les muscles plus distaux pourront être enregistrés. Au trentième jour, le tableau EMG se complète avec des signes de dénervation motrice active dans un myotome donné. Au stade de la guérison, il persistera une séquelle EMG définitive sous la forme de tracés neurogènes chroniques (PUMs augmentés en taille avec ou sans appauvrissement des tracés lors de la contraction musculaire volontaire).

Lorsque le phénomène compressif discal ou dégénératif intéresse le ganglion rachidien situé dans le foramen vertébral, les signes ENMG s'accompagnent d'une perte axonale sensitive détectable dès le douzième jour et qui persiste habituellement au stade de séquelle.

Le diagnostic topographique précis d'une atteinte radiculaire repose sur l'enregistrement de signes ENMG positifs dans

Tableau 1
Diagnostic ENMG des radiculopathies

	C5	C6	C7	C8
Neurographie sensitive		Médian (pouce) – Musculocutané – Radial (branche terminale)	Médian (index et majeur) – Radial (branche terminale)	Ulnaire (auriculaire)
Neurographie motrice	Deltoïde	Biceps	Anconé	Intrinsèques de la main
Réponse F			Radial/anconé	Médian/thénar – Ulnaire/hypothenar
Réponse H		Médian/Fléchisseur radial du carpe	Médian/Fléchisseur radial du carpe	
EMG (+)	Rhomboïde – Deltoïde – Sous-épineux – Multifide	Rond pronateur – Biceps – Brachio-radial – Multifide	Triceps – Fléchisseur radial du carpe – Anconé – Multifide	Extenseur propre de l'index – Intrinsèques de la main – Multifide
EMG (–)	Rond pronateur – Trapèze	Triceps – Rhomboïde	Biceps – Extenseur propre de l'index	Triceps

le myotome/dermatome concerné et sur leur absence dans les autres territoires (Tableau 1).

Les PES peuvent conserver une indication en cas d'évaluation ENMG restant dans les limites de la normale.

3.2. Myélopathie

En cas de myélopathie, des signes d'atteinte radiculaire segmentaire ou des cornes antérieures de la moelle s'associent à des signes d'atteinte des cordons médullaires postérieurs ou latéraux. La composante radiculaire ou de corne antérieure sera parfaitement documentée par les techniques ENMG. Les PES et les PEM sont recommandés pour apprécier respectivement les troubles de conduction sensitive et motrice centraux.

4. Conclusion

Les techniques électrophysiologiques sont performantes pour évaluer une composante neurologique associée à des cervicalgies. Par rapport aux techniques d'imagerie, l'électrophysiologie permet une approche plus fonctionnelle. Dans le cadre particulier des radiculopathies, la sensibilité de l'ENMG reste faible. Même lorsque la concordance radioclinique est en faveur d'une compression radiculaire, l'ENMG peut

rester normal en raison d'une répercussion fonctionnelle trop faible ou d'une atteinte exclusivement sensitive en amont des ganglions rachidiens. En revanche, la mise en évidence d'une dénévation motrice active dans un territoire radiculaire est en soi un signe de gravité qui devrait être pris en compte dans la décision thérapeutique.

En pratique, le recours systématique aux techniques électrophysiologiques n'est pas justifié. Cependant, lorsqu'un patient présente une rechute ou n'évolue pas favorablement dans les suites chirurgicales, la contribution de l'ENMG peut s'avérer insatisfaisante en l'absence de bilan ENMG préalable auquel se référer pour affirmer une aggravation ou une extension à un territoire radiculaire voisin.

Références

- [1] Péréon Y, Nguyen The Tich S, Fournier E, et al. Electrophysiological recording of deep tendon reflexes: normative data in children and in adults. *Neurophys Clin* 2004;34:131–9.
- [2] Tomasella M, Crielaard JM, Wang FC. Étude électromyographique paravertébrale dorso-lombaire : analyse en mode multi-MUP et établissement de normes au sein d'une population de référence. *Neurophys Clin* 2002;32:109–17.
- [3] Eisen A, Hoirsch M, Moll A. Evaluation of radiculopathies by segmental stimulation and somatosensory evoked potentials. *Can J Neurol Sci* 1983;10:178–82.